

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 10-319265

(43)Date of publication of application : 04.12.1998

(51)Int.Cl.

G02B 6/16

G02B 6/10

H04B 10/02

H04B 10/18

(21)Application number : 09-128906

(71)Applicant : NIPPON TELEGR & TELEPH CORP
<NTT>

(22)Date of filing : 19.05.1997

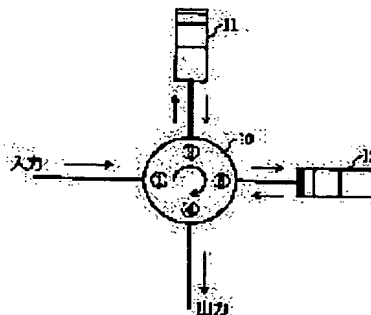
(72)Inventor : KOMUKAI TETSUO
NAKAZAWA MASATAKA

(54) DISPERSION SLOPE COMPENSATOR

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To compensate a dispersion slope in a wide range of wavelengths by using a 1st port of a specific optical circulator as an input and using a 4th port as an output.

SOLUTION: A combination of a 1st chirped fiber grating 11 to which light is made incident from a long wavelength side and a 2nd chirped fiber grating 12 to which light is made incident from a short wavelength side is used. The 1st fiber grating 11 is made by a step chirp phase mask having a pattern of which I-th pitch is expressed by a formula I when observed from the short wavelength side divided into N. The 2nd fiber grating 11 is made by a step chirp phase mask having a pattern of which I-th pitch is expressed by a formula II when observed from the short wavelength side divided into N. In the formulae, it is assumed that I=1, 2,..., N, $\Delta\Lambda=(\lambda L-\lambda S)/2n$, and Λ_0 is a constant. However, λS is the shortest wavelength of the chirped fiber grating, λL is the longest wavelength, and n is an effective refractive index of the core.



$$\Delta(I) = \Lambda_0 + \Delta\Lambda \sqrt{\frac{I}{N}} \quad \text{I}$$

$$\Delta(I) = \Lambda_0 + \Delta\Lambda \left[1 - \sqrt{1 - \frac{I}{N}} \right] \quad \text{II}$$

LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

26.12.2000

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

3341979

[Date of registration]

23.08.2002

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

{Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-319265

(43) 公開日 平成10年(1998)12月4日

(51) Int.Cl.⁶

識別記号

F I

G 0 2 B 6/16

G 0 2 B 6/16

6/10

6/10

C

H 0 4 B 10/02

H 0 4 B 9/00

M

10/18

審査請求 未請求 請求項の数5 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号

特願平9-128906

(22) 出願日

平成9年(1997)5月19日

(71) 出願人 00004226

日本電信電話株式会社

東京都新宿区西新宿三丁目19番2号

(72) 発明者 小向 哲郎

東京都新宿区西新宿三丁目19番2号 日本

電信電話株式会社内

(72) 発明者 中沢 正隆

東京都新宿区西新宿三丁目19番2号 日本

電信電話株式会社内

(74) 代理人 弁理士 古谷 史旺

(54) 【発明の名称】 分散スロープ補償器

(57) 【要約】

【課題】 1nm以上の広い波長域で分散スロープを補償する。

【解決手段】 長波長側から光を入射する第1のチャープファイバグレーティングと、短波長側から光を入射する第2のチャープファイバグレーティングとを組み合わせ用いる。第1のチャープファイバグレーティングは、i番目のセクションのピッチが

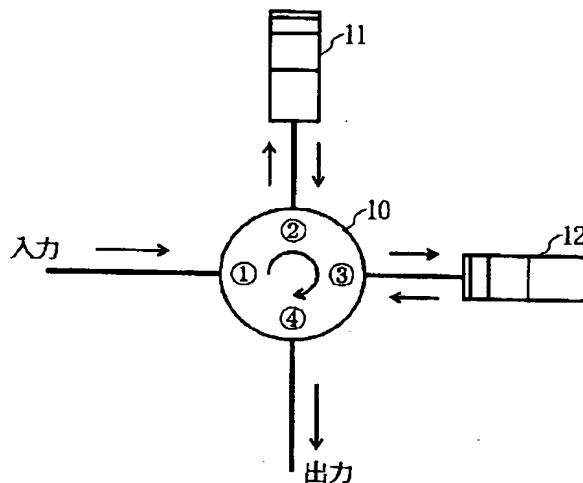
$$\Lambda(i) = \Lambda_0 + \Delta\Lambda (i/N)^{1/2} \quad (i = 1, 2, \dots, N)$$

で表されるパターンをもつステップチャープ位相マスクによって作製され、第2のチャープファイバグレーティングは、i番目のセクションのピッチが

$$\Lambda(i) = \Lambda_0 + \Delta\Lambda \{1 - (1 - i/N)^{1/2}\} \quad (i = 1, 2, \dots, N)$$

で表されるパターンをもつステップチャープ位相マスクによって作製されたものを用いる。

本発明の分散スロープ補償器の第1の実施例



【特許請求の範囲】

【請求項1】 チャープファイバグレーティングの最短波長を λ_s 、最長波長を λ_L 、コアの有効屈折率を n としたときに、 $\Delta\Lambda = (\lambda_L - \lambda_s) / 2n$ とし、 Λ_0 を定数としたときに、

N等分割されたうちのピッチの短い方からみてi番目のセクションのピッチが

$$\Lambda(i) = \Lambda_0 + \Delta\Lambda (i/N)^{1/2} \quad (i = 1, 2, \dots, N)$$

で表されるパターンをもつステップチャープ位相マスクによって作製された第1のチャープファイバグレーティングと、

N等分割されたうちのピッチの短い方からみてi番目のセクションのピッチが

$$\Lambda(i) = \Lambda_0 + \Delta\Lambda \{1 - (1 - i/N)^{1/2}\} \quad (i = 1, 2, \dots, N)$$

で表されるパターンをもつステップチャープ位相マスクによって作製された第2のチャープファイバグレーティングと、

第2ポートに前記第1のチャープファイバグレーティングの長波長側を接続し、第3ポートに前記第2のチャープファイバグレーティングの短波長側を接続した4ポート型光サーキュレータとを備え、前記4ポート型光サーキュレータの第1ポートを入力とし、第4ポートを出力としたことを特徴とする分散スロープ補償器。

【請求項2】 チャープファイバグレーティングの最短波長を λ_s 、最長波長を λ_L 、コアの有効屈折率を n としたときに、 $\Delta\Lambda = (\lambda_L - \lambda_s) / 2n$ とし、 Λ_0 を定数としたときに、

N等分割されたうちのピッチの短い方からみてi番目のセクションのピッチが

$$\Lambda(i) = \Lambda_0 + \Delta\Lambda (i/N)^{1/2} \quad (i = 1, 2, \dots, N)$$

で表されるパターンをもつステップチャープ位相マスクによって作製された第1のチャープファイバグレーティングと、

N等分割されたうちのピッチの短い方からみてi番目のセクションのピッチが

$$\Lambda(i) = \Lambda_0 + \Delta\Lambda \{1 - (1 - i/N)^{1/2}\} \quad (i = 1, 2, \dots, N)$$

で表されるパターンをもつステップチャープ位相マスクによって作製された第2のチャープファイバグレーティングと、

第2ポートに前記第2のチャープファイバグレーティングの短波長側を接続し、第3ポートに前記第1のチャープファイバグレーティングの長波長側を接続した4ポート型光サーキュレータとを備え、前記4ポート型光サーキュレータの第1ポートを入力とし、第4ポートを出力としたことを特徴とする分散スロープ補償器。

【請求項3】 チャープファイバグレーティングの最短

波長を λ_s 、最長波長を λ_L 、コアの有効屈折率を n としたときに、 $\Delta\Lambda = (\lambda_L - \lambda_s) / 2n$ とし、 Λ_0 を定数としたときに、

N等分割されたうちのピッチの短い方からみてi番目のセクションのピッチが

$$\Lambda(i) = \Lambda_0 + \Delta\Lambda (i/N)^{1/2} \quad (i = 1, 2, \dots, N)$$

で表されるパターンをもつステップチャープ位相マスクによって作製された第1のチャープファイバグレーティングと、

N等分割されたうちのピッチの短い方からみてi番目のセクションのピッチが

$$\Lambda(i) = \Lambda_0 + \Delta\Lambda \{1 - (1 - i/N)^{1/2}\} \quad (i = 1, 2, \dots, N)$$

で表されるパターンをもつステップチャープ位相マスクによって作製された第2のチャープファイバグレーティングと、

第2ポートに前記第1のチャープファイバグレーティングの長波長側を接続した第1の3ポート型光サーキュレータと、

第2ポートに前記第2のチャープファイバグレーティングの短波長側を接続した第2の3ポート型光サーキュレータとを備え、前記第1の3ポート型光サーキュレータの第1ポートを入力とし、前記第1の3ポート型光サーキュレータの第3ポートと前記第2の3ポート型光サーキュレータの第1ポートを接続し、前記第2の3ポート型光サーキュレータの第3ポートを出力としたことを特徴とする分散スロープ補償器。

【請求項4】 チャープファイバグレーティングの最短波長を λ_s 、最長波長を λ_L 、コアの有効屈折率を n としたときに、 $\Delta\Lambda = (\lambda_L - \lambda_s) / 2n$ とし、 Λ_0 を定数としたときに、

N等分割されたうちのピッチの短い方からみてi番目のセクションのピッチが

$$\Lambda(i) = \Lambda_0 + \Delta\Lambda (i/N)^{1/2} \quad (i = 1, 2, \dots, N)$$

で表されるパターンをもつステップチャープ位相マスクによって作製された第1のチャープファイバグレーティングと、

N等分割されたうちのピッチの短い方からみてi番目のセクションのピッチが

$$\Lambda(i) = \Lambda_0 + \Delta\Lambda \{1 - (1 - i/N)^{1/2}\} \quad (i = 1, 2, \dots, N)$$

で表されるパターンをもつステップチャープ位相マスクによって作製された第2のチャープファイバグレーティングと、

第2ポートに前記第1のチャープファイバグレーティングの長波長側を接続した第1の3ポート型光サーキュレータと、

第2ポートに前記第2のチャープファイバグレーティン

グの短波長側を接続した第2の3ポート型光サーキュレータとを備え、前記第2の3ポート型光サーキュレータの第1ポートを入力とし、前記第2の3ポート型光サーキュレータの第3ポートと前記第1の3ポート型光サーキュレータの第1ポートを接続し、前記第1の3ポート型光サーキュレータの第3ポートを出力としたことを特徴とする分散スロープ補償器。

【請求項5】 請求項1ないし請求項4のいずれかに記載の分散スロープ補償器において、

第1のチャープファイバグレーティングまたは第2のチャープファイバグレーティングのいずれか一方を線形のチャープファイバグレーティングに置き換えたことを特徴とする分散スロープ補償器。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、光ファイバの分散スロープを補償する分散スロープ補償器に関する。

【0002】

【従来の技術】通常の光ファイバ伝送では、波長分散の影響を避けるために、零分散波長付近の波長の光が用いられる。しかし、伝送速度が増大すると、帯域が広がって分散スロープの影響を大きく受ける。また、波長多重伝送においても、使用するチャネルが零分散波長を挟んで広い波長範囲に渡るので、同様に分散スロープの影響を大きく受ける。

【0003】これは、光ファイバが図13に示すような下に凸の2次曲線で近似される群遅延特性をもち、それを微分して得られる波長分散が図14に示すように負から正にほぼ線形に変化しているためである。ここで、波長 λ における群遅延量 $\text{Delay}(\lambda)$ は、

$$\text{Delay}(\lambda) = D_0 \cdot (\lambda - \lambda_0)^2 \quad \dots (1)$$

で表される。ただし、 D_0 は定数、 λ_0 は零分散波長である。

【0004】図14に示す波長分散は、零分散波長 λ_0 から離れた波長帯でも十分に狭い領域では一定と見なす*

$$\Lambda(i) = \Lambda_0 + \Delta\Lambda \sqrt{\frac{i}{N}} \quad (i = 1, 2, \dots, N)$$

【0010】で表されるパターンをもつステップチャープ位相マスクによって作製される。第2のチャープファイバグレーティングは、N等分割されたうちの短波長側※

$$\Lambda(i) = \Lambda_0 + \Delta\Lambda \left[1 - \sqrt{1 - \frac{i}{N}} \right] \quad (i = 1, 2, \dots, N)$$

【0012】で表されるパターンをもつステップチャープ位相マスクによって作製される。

【0013】

【発明の実施の形態】ファイバグレーティングは、ファイバのコアに紫外線を照射し、周期的な屈折率変化を誘起してブラッグ回折格子を形成し、その周期（ピッチ）

* ことができるので、いわゆる分散補償ファイバを用いることによりその領域ではほぼ零分散にすることができる。しかし、分散スロープ（3次分散）の補償は、通常の分散補償ファイバでは困難である。特に、零分散波長付近の分散符号の反転領域の補償は大変に困難である（M. Oishi, et al., "Third-order dispersion compensation fibers for non-zero dispersion shifted fiber links", Electron. Lett., vol.32, no.25, pp.2344-2345, 1996）。

【0005】そこで、最近になって平面導波路を用いた分散スロープ補償器が提案された（K. Takiguchi, et al., "Higher order dispersion equaliser of dispersion shifted fiber using a lattice-form programmable optical filter", Electron. Lett., vol.32, no.8, pp.755-757, 1996）。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】ところで、平面導波路を用いた分散スロープ補償器は、動作帯域が200GHz以下と狭いのが問題であった。このため、スペクトル幅が広がる1ps以下のパルスになると、補償効果が得られなかった。また、波長多重伝送においても、全チャネルの一括補償も困難であった。

【0007】本発明は、1nm以上の広い波長域で分散スロープを補償することができる分散スロープ補償器を提供することを目的とする。

【0008】

【課題を解決するための手段】本発明の分散スロープ補償器は、長波長側から光を入射する第1のチャープファイバグレーティングと、短波長側から光を入射する第2のチャープファイバグレーティングとを組み合わせる用いる。第1のチャープファイバグレーティングは、N等分割されたうちの短波長側からみてi番目のセクションのピッチが

【0009】

【数1】

※ からみてi番目のセクションのピッチが

【0011】

【数2】

に対応する波長の光を反射させる反射型フィルタである。通常のファイバグレーティングはこのピッチが一定であるが、本発明の分散スロープ補償器で用いるチャープファイバグレーティングは、ファイバの長さ方向にピッチを変化させたものである。このチャープファイバグレーティングは、波長によって反射する領域が変化する

ので、波長ごとに異なる遅延時間を与えることができ、分散補償媒質として機能する。

【0014】図1は、第1のチャープファイバグレーティングのモデルを示す。ここでは、グレーティング長 L とし、短波長側の入射端を原点とした座標系を設定する。任意の座標値 z における反射波長を $\lambda(z)$ とし、座標値0における反射波長を最短波長 λ_s 、座標値 L における反射波長を最長波長 λ_L とする。グレーティングのピッチは等間隔で段階的に変化していくが、ここでは*

$$\text{DelayA}(\lambda) = -\frac{\tau_0}{\Delta\lambda^2} (\lambda - \lambda_s)^2 + \tau_0 \quad \dots(2)$$

【0017】と表される。ただし、

$$\Delta\lambda = \lambda_L - \lambda_s \quad \dots(3)$$

$$\tau_0 = 2nL/c \quad \dots(4)$$

であり、 n はコアの有効屈折率、 c は光速である。図3は、このチャープファイバグレーティングの波長分散特性を示す。

【0018】図4は、第2のチャープファイバグレーティングのモデルを示す。ただし、表記法は図1に示す第1のチャープファイバグレーティングと同様である。こ*

$$\text{DelayB}(\lambda) = -\frac{\tau_0}{\Delta\lambda^2} (\lambda - \lambda_L)^2 + \tau_0 \quad \dots(5)$$

【0020】と表される。図6は、このチャープファイバグレーティングの波長分散特性を示す。次に、この2つのチャープファイバグレーティングの群遅延特性を足し合わせると、図7に示すような上に凸の2次曲線が得★

$$\text{DelayA}(\lambda) + \text{DelayB}(\lambda)$$

$$= -\frac{2\tau_0}{\Delta\lambda^2} \left[\lambda - \frac{\lambda_s + \lambda_L}{2} \right]^2 + \frac{3}{2} \tau_0 \quad \dots(6)$$

【0022】と表される。また、その波長分散特性は図8のようになる。図7に示す群遅延特性および図8に示す波長分散特性は、図13および図14に示す光ファイバの特性とまったく逆になっている。したがって、長波長側から光を入射する第1のチャープファイバグレーティングと、短波長側から光を入射する第2のチャープファイバグレーティングとを組み合わせることで、光ファイバの零分散波長を挟んで広い波長範囲に渡って分散スロープを打ち消すことができる。

【0023】ここで、式(2)および式(5)で示される群遅延特性を有するチャープファイバグレーティングの実現法について説明する。ファイバグレーティングは、一般に位相マスクを用いて作製されるが、このようなチャープファイバグレーティングを作製するためには、マスクのパターン自体をチャープさせる必要がある。しかし、厳密にそのピッチを連続的に変化させることは不可能である。そこで、パターンをいくつかに分割し、それ

*短波長側が細かく、長波長側が粗い状態を模式的に表している。

【0015】このようなチャープファイバグレーティングの長波長側から波長 λ の光を入射したときに、図2に示すような群遅延特性を有するものを想定する。この場合の群遅延量は、

【0016】

【数3】

※のようなチャープファイバグレーティングの短波長側から波長 λ の光を入射したときに、図5に示すような群遅延特性を有するものを想定する。この場合の群遅延量は、

【0019】

【数4】

★られる。この場合の群遅延量は、

【0021】

【数5】

40 ぞれのセクション内ではピッチが等しくても、セクションごとにピッチを変化させていくようにする。このとき、分割数が十分に大きければ、パターンはほぼ連続的にチャープしていると思なすことができることが知られている(R. Kashyap, et al., "Simple technique for apodising chirped and unchirped fiber Bragg gratings", Electron. Lett., vol.32, no.13, pp.1226-1228, 1996)。

【0024】式(2)および式(5)で示される群遅延特性を有するチャープファイバグレーティングは、 N 等分割されて段階的にピッチが変化するパターンをもつステップチャープ位相マスクによって作製されるが、各セクションのピッチは次のようにして設定される。式(2)で示される群遅延特性を図1に示す長さ L の理想的なチャープファイバグレーティングで実現しようとする、任意の座標値 z の反射波長 $\lambda(z)$ に対する群遅延量 $\tau(z)$ は、

【0025】

* * 【数6】

$$\tau(z) = -\frac{\tau_0}{\Delta\lambda^2} (\lambda(z) - \lambda_s)^2 + \tau_0 \quad \dots(7)$$

【0026】となる。一方、 $\tau(z)$ は、図1に示すチャープファイバグレーティングの長波長側（ λ_L 側）から※

$$\tau(z) = 2n(L-z)/c \quad \dots(8)$$

と表される。式(7),(8)により、

★【数7】

【0027】

★

$$\frac{2n(L-z)}{c} = -\frac{\tau_0}{\Delta\lambda^2} (\lambda(z) - \lambda_s)^2 + \tau_0 \quad \dots(9)$$

【0028】が得られる。これに式(4)を代入すると、
反射波長 $\lambda(z)$ は、

☆【0029】

☆【数8】

$$\lambda(z) = \lambda_s + \Delta\lambda\sqrt{\frac{z}{L}} \quad \dots(10)$$

【0030】となる。ここで、チャープファイバグレーティングの反射波長 $\lambda(z)$ に対するピッチを $\Lambda(z)$

◆と、最短波長 λ_s に対するピッチを Λ_s 、最長波長 λ_L に対するピッチを Λ_L とすると、

$$\lambda(z) = 2n\Lambda(z) \quad \dots(11)$$

$$\Delta\lambda = \lambda_L - \lambda_s = 2n\Lambda_L - 2n\Lambda_s = 2n\Delta\Lambda \quad \dots(12)$$

である。したがって、チャープファイバグレーティングの位置 z におけるピッチ $\Lambda(z)$ は、式(10),(11),(12)から、

* 【0031】

【数9】

*

$$\Lambda(z) = \Lambda_s + \Delta\Lambda\sqrt{\frac{z}{L}} \quad \dots(13)$$

【0032】となる。また、式(5)で示される群遅延特性を図4に示す長さ L の理想的なチャープファイバグレーティングで実現しようとする、位置 z と反射波長 λ

※(z)との間には、

【0033】

※30 【数10】

$$\frac{2nz}{c} = -\frac{\tau_0}{\Delta\lambda^2} (\lambda(z) - \lambda_L)^2 + \tau_0 \quad \dots(14)$$

【0034】の関係が必要である。したがって、反射波長 $\lambda(z)$ は、

★【0035】

★【数11】

$$\lambda(z) = \lambda_s + \Delta\lambda \left[1 - \sqrt{1 - \frac{z}{L}} \right] \quad \dots(15)$$

【0036】となる。これをピッチに変換すると、

☆【数12】

【0037】

☆40

$$\Lambda(z) = \Lambda_s + \Delta\Lambda \left[1 - \sqrt{1 - \frac{z}{L}} \right] \quad \dots(16)$$

【0038】となる。式(13)および式(16)は、チャープグレーティングフィルタの位置 z におけるピッチの分布を示している。これらを N 等分割のステップチャープ位相マスクで実現するには、短波長側からみて i 番目（ i

◆ $= 1, 2, \dots, N$ ）のセクションのピッチは、式(13)について

【0039】

【数13】

◆

$$\Lambda(i) = \Lambda_s + \Delta\Lambda\sqrt{\frac{i}{N}} \quad \dots(17)$$

【0040】であり、式(16)について
【0041】

*【数14】

$$\Lambda(i) = \Lambda_0 + \Delta\Lambda \left(1 - \sqrt{1 - \frac{i}{N}} \right) \quad \cdots(18)$$

【0042】である。ここで、 Λ_0 は定数である。ただし、実際の位相マスクのピッチの値は、ファイバグレーティングのピッチのちょうど2倍になるように設定される。また、Nは、群遅延特性に大きなステップ変化を生じさせないように100以上の値が望ましい。

【0043】

【実施例】

(第1の実施例) 図9は、本発明の分散スローブ補償器の第1の実施例を示す(請求項1)。図において、4ポート型光サーキュレータ10の第2ポートに、式(17)で表されるパターンをもつステップチャープ位相マスクで作製された第1のチャープファイバグレーティング11の長波長側を接続し、第3ポートに、式(18)で表されるパターンをもつステップチャープ位相マスクで作製された第2のチャープファイバグレーティング12の短波長側を接続する。そして、4ポート型光サーキュレータ10の第1ポートに光ファイバを伝搬してきた光を入射することにより、第4ポートから分散スローブが補償された光を取り出すことができる。

【0044】(第2の実施例) 図10は、本発明の分散スローブ補償器の第2の実施例を示す(請求項2)。本実施例は、第1の実施例における第1のチャープグレーティングフィルタ11と第2のチャープグレーティングフィルタ12の接続ポートを入れ替えたものである。

【0045】(第3の実施例) 図11は、本発明の分散スローブ補償器の第3の実施例を示す(請求項3)。図において、第1の3ポート型光サーキュレータ13の第2ポートに、式(17)で表されるパターンをもつステップチャープ位相マスクで作製された第1のチャープファイバグレーティング11の長波長側を接続する。さらに、第2の3ポート型光サーキュレータ14の第2ポートに、式(18)で表されるパターンをもつステップチャープ位相マスクで作製された第2のチャープファイバグレーティング12の短波長側を接続する。そして、第1の3ポート型光サーキュレータ13の第3ポートと、第2の3ポート型光サーキュレータ14の第1ポートを接続し、光ファイバを伝搬してきた光を第1の3ポート型光サーキュレータ13の第1ポートに入射することにより、第2の3ポート型光サーキュレータ14の第3ポートから分散スローブが補償された光を取り出すことができる。

【0046】(第4の実施例) 図12は、本発明の分散スローブ補償器の第4の実施例を示す(請求項4)。本実施例は、第3の実施例における第1のチャープグレーティングフィルタ11が接続される第1の3ポート型光

サーキュレータ13と、第2のチャープグレーティングフィルタ12が接続される第2の3ポート型光サーキュレータ14の接続順序を入れ替えたものである。

【0047】(第5の実施例) 第1の実施例～第4の実施例において、2つのチャープグレーティングフィルタ11、12のいずれか一方を線形のチャープグレーティングフィルタの分散値により、分散スローブ補償器自体の零分散波長が決定される。

【0048】(第6の実施例) 第3の実施例または第4の実施例において、1組の3ポート型光サーキュレータとチャープグレーティングフィルタのみで構成してもよい。3ポート型光サーキュレータ13の第2ポートに、式(17)で表されるパターンをもつステップチャープ位相マスクで作製されたチャープファイバグレーティング11の長波長側を接続したものでは、グレーティングの反射帯域における最短波長を零分散波長とする光ファイバの分散スローブを補償することができる。

【0049】また、3ポート型光サーキュレータ14の第2ポートに、式(18)で表されるパターンをもつステップチャープ位相マスクで作製されたチャープファイバグレーティング12の短波長側を接続したものでは、グレーティングの反射帯域における最長波長を零分散波長とする光ファイバの分散スローブを補償することができる。

【0050】(第7の実施例) 第1の実施例～第4の実施例に示す分散スローブ補償器を複数個直列に連結することにより、分散スローブの補償量を増大させることができる。

(第8の実施例) 第1の実施例～第7の実施例において、用いられるチャープファイバグレーティングにアブディゼーションを施すことにより、ファブリ・ペロー共鳴による群遅延特性の振動を低減することができる。

【0051】

【発明の効果】以上説明したように、本発明の分散スローブ補償器は、光ファイバの零分散波長を含む広帯域で分散スローブを補償することができる。これにより、1ps以下のパルス幅の光信号の分散スローブ補償が可能となり、将来のテラビット伝送システムの実現に寄与することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】長波長側から光を入射するチャープグレーティングフィルタのモデルを示す図。

【図2】長波長側から光を入射するチャープグレーティングフィルタの群遅延特性を示す図。

【図3】長波長側から光を入射するチャープグレーティングフィルタの波長分散特性を示す図。

【図4】短波長側から光を入射するチャープグレーティングフィルタのモデルを示す図。

【図5】短波長側から光を入射するチャープグレーティングフィルタの群遅延特性を示す図。

【図6】短波長側から光を入射するチャープグレーティングフィルタの波長分散特性を示す図。

【図7】図2と図5の群遅延特性の和を示す図。

【図8】図3と図6の波長分散特性の和を示す図。

【図9】本発明の分散スロープ補償器の第1の実施例を示す図。

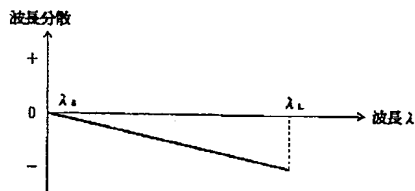
【図1】

長波長側から光を入射するチャープファイバグレーティングのモデル



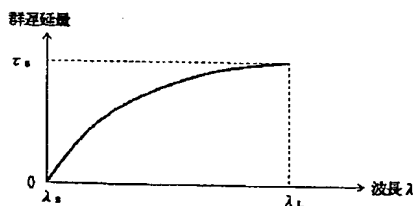
【図3】

長波長側から光を入射するチャープファイバグレーティングの波長分散特性



【図5】

短波長側から光を入射するチャープファイバグレーティングの群遅延特性



*【図10】本発明の分散スロープ補償器の第2の実施例を示す図。

【図11】本発明の分散スロープ補償器の第3の実施例を示す図。

【図12】本発明の分散スロープ補償器の第4の実施例を示す図。

【図13】光ファイバの群遅延特性を示す図。

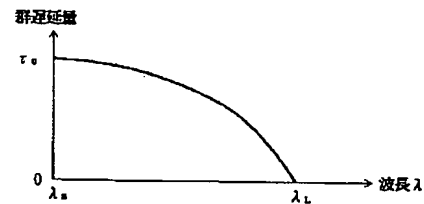
【図14】光ファイバの波長分散特性を示す図。

【符号の説明】

- 10 10 4ポート型光サーキュレータ
11, 12 チャープグレーティングフィルタ
* 13, 14 3ポート型光サーキュレータ

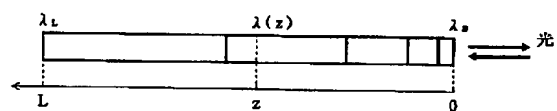
【図2】

長波長側から光を入射するチャープファイバグレーティングの群遅延特性



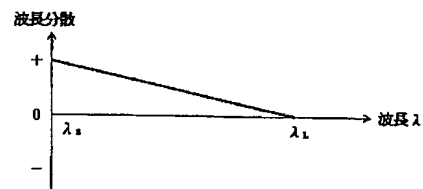
【図4】

短波長側から光を入射するチャープファイバグレーティングのモデル



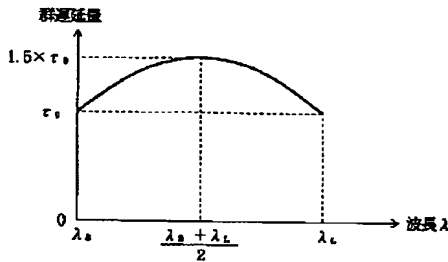
【図6】

短波長側から光を入射するチャープファイバグレーティングの波長分散特性



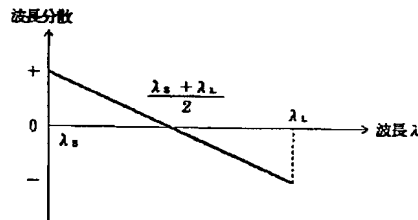
【図7】

図2と図5の群遅延特性の和



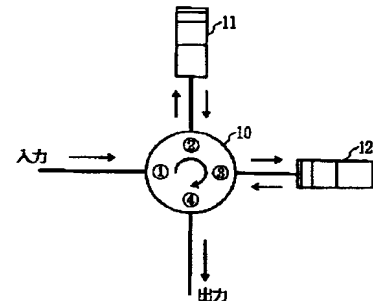
【図8】

図3と図8の波長分散特性の和



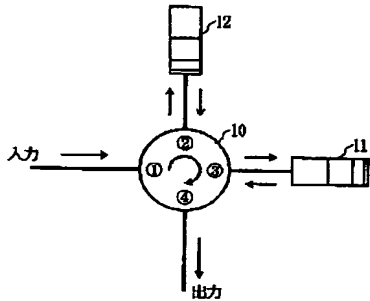
【図9】

本発明の分散スロープ補償器の第1の実施例



【図10】

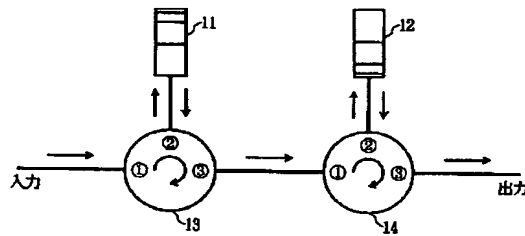
本発明の分散スロープ補償器の第2の実施例



【図12】

【図11】

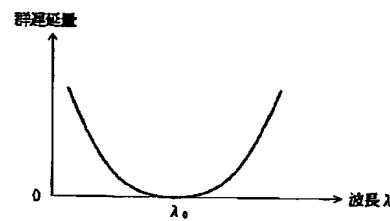
本発明の分散スロープ補償器の第3の実施例



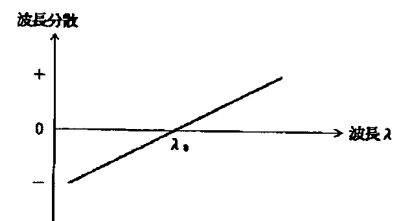
【図13】

【図14】

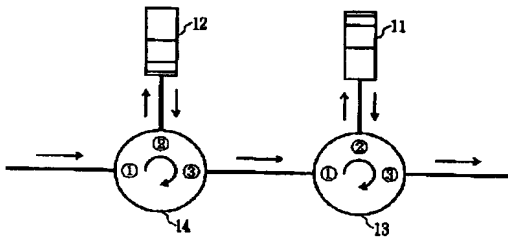
光ファイバの群遅延特性



光ファイバの波長分散特性



本発明の分散スロープ補償器の第4の実施例



【手続補正書】

【提出日】平成10年7月23日

【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0038

【補正方法】変更

【補正内容】

【0038】となる。式(13)および式(16)は、チャープファイバグレーティングの位置 z におけるピッチの分布を示している。これらを N 等分割のステップチャープ位

相マスクで実現するには、短波長側からみて i 番目($i = 1, 2, \dots, N$)のセクションのピッチは、式(13)について

【手続補正2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0044

【補正方法】変更

【補正内容】

【0044】(第2の実施例)図10は、本発明の分散

スローブ補償器の第2の実施例を示す(請求項2)。本実施例は、第1の実施例における第1のチャープファイバグレーティング11と第2のチャープファイバグレーティング12の接続ポートを入れ替えたものである。

【手続補正3】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0046

【補正方法】変更

【補正内容】

【0046】(第4の実施例)図12は、本発明の分散スローブ補償器の第4の実施例を示す(請求項4)。本実施例は、第3の実施例における第1のチャープファイバグレーティング11が接続される第1の3ポート型光サーキュレータ13と、第2のチャープファイバグレーティング12が接続される第2の3ポート型光サーキュレータ14の接続順序を入れ替えたものである。

【手続補正4】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0047

【補正方法】変更

【補正内容】

【0047】(第5の実施例)第1の実施例～第4の実施例において、2つのチャープファイバグレーティング11、12のいずれか一方を線形のチャープファイバグレーティングに置き換えてもよい。その線形のチャープファイバグレーティングの分散値により、分散スローブ補償器自体の零分散波長が決定される。

【手続補正5】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0048

【補正方法】変更

【補正内容】

【0048】(第6の実施例)第3の実施例または第4の実施例において、1組の3ポート型光サーキュレータとチャープファイバグレーティングのみで構成してもよい。3ポート型光サーキュレータ13の第2ポートに、式(17)で表されるパターンをもつステップチャープ位相マスクで作製されたチャープファイバグレーティング1

1の長波長側を接続したもので、グレーティングの反射帯域における最短波長を零分散波長とする光ファイバの分散スローブを補償することができる。

【手続補正6】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】図面の簡単な説明

【補正方法】変更

【補正内容】

【図面の簡単な説明】

【図1】長波長側から光を入射するチャープファイバグレーティングのモデルを示す図。

【図2】長波長側から光を入射するチャープファイバグレーティングの群遅延特性を示す図。

【図3】長波長側から光を入射するチャープファイバグレーティングの波長分散特性を示す図。

【図4】短波長側から光を入射するチャープファイバグレーティングのモデルを示す図。

【図5】短波長側から光を入射するチャープファイバグレーティングの群遅延特性を示す図。

【図6】短波長側から光を入射するチャープファイバグレーティングの波長分散特性を示す図。

【図7】図2と図5の群遅延特性の和を示す図。

【図8】図3と図6の波長分散特性の和を示す図。

【図9】本発明の分散スローブ補償器の第1の実施例を示す図。

【図10】本発明の分散スローブ補償器の第2の実施例を示す図。

【図11】本発明の分散スローブ補償器の第3の実施例を示す図。

【図12】本発明の分散スローブ補償器の第4の実施例を示す図。

【図13】光ファイバの群遅延特性を示す図。

【図14】光ファイバの波長分散特性を示す図。

【符号の説明】

10 4ポート型光サーキュレータ

11, 12 チャープファイバグレーティング

13, 14 3ポート型光サーキュレータ

THIS PAGE BLANK (USPTO)